

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

ifw

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:
Dejan Jovovic et al.

Serial No.: **10/821,775**

Filing Date: **April 9, 2004**

Title: **Method for Producing a Tubular
Spring and an Actuator Unit
Comprising One Such Tubular
Spring**

§
§
§
§
§
§
§
§
§
§

Group Art Unit: **unknown**

Examiner: **unknown**

Attny. Docket No. **071308.0537**

Client Ref.: **2001P10868WOUS**

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

Tom Dennessley
EXPRESS MAIL LABEL: **EV449865218US**
DATE OF MAILING: **MAY 19, 2004**

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application DE 101 49 746.6 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,

BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

By: *A. Grubert*
Andreas H. Grubert
(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)
One Shell Plaza
910 Louisiana Street
Houston, Texas 77002-4995
Telephone: 713.229.1964
Facsimile: 713.229.7764
AGENT FOR APPLICANTS

Date: May 19, 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 49 746.6

Anmeldetag: 09. Oktober 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder sowie
Aktoreinheit mit einer solchen Rohrfeder

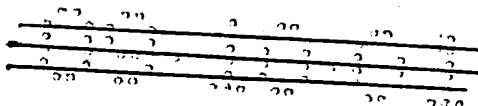
IPC: B 23 P 13/00

angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
tümlichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Mai 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Klostermeyer



Zusammenfassung

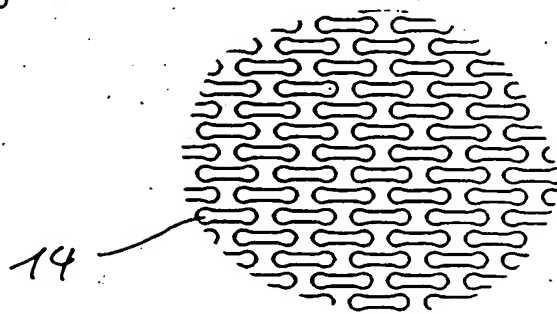
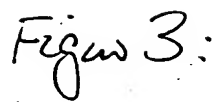
Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder sowie Aktoreinheit mit einer solchen Rohrfeder

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder (12) in Form eines zylindrischen Hohlkörpers, insbesondere zur Vorspannung eines piezoelektrischen Aktorelements (2) einer Aktoreinheit (1) eines Kraftstoffinjektors, bei dem ein dünnwandiges, nahtlos gezogenes Stahlrohr mittels Laserschneiden mit einer Vielzahl von regelmäßig angeordneten länglichen Ausnehmungen (14) versehen wird.

Die Erfindung betrifft zudem eine Aktoreinheit (1) mit einem in einem dünnwandigen zylindrischen Hohlkörper angeordneten piezoelektrischen Aktorelement (2), wobei der Hohlkörper elastisch ausgebildet ist und das Aktorelement (2) vorspannt und wobei der Hohlkörper ein mit einer Vielzahl von länglichen Ausnehmungen (14) versehenes nahtlos gezogenes Stahlrohr ist.

Figur 2

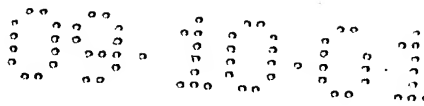


Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder sowie Aktoreinheit mit einer solchen Rohrfeder

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder, insbesondere für eine Aktoreinheit eines Kraftstoffinjektors, sowie eine solche Aktoreinheit mit einer Rohrfeder.

Kraftstoffeinspritzsysteme der neuen Generation weisen Piezo-aktorelemente als Schalt- und Stellglieder auf. Diese sog. Piezostacks, die aus aufeinander gestapelten Piezoeinheiten bestehen, sind aus Gründen der Dauerhaltbarkeit elastisch vorgespannt. Die hierfür verwendeten Vorspannelemente müssen sehr hohe Vorspannkräfte bei geringem Bauvolumen aufbringen. Sie sollen zudem eine relativ geringe Steifigkeit sowie ein einfaches und robustes Design aufweisen. Weiterhin ist eine Dauerhaltbarkeit bei hochdynamischer Belastung gefordert.

Aus der DE 38 44 134 A1 ist ein Einspritzventil mit einem piezoelektrischen Aktor bekannt. Der Aktor ist in einer zylindrischen Rohrfeder angeordnet und wird von dieser gegen das Gehäuse des Einspritzventils vorgespannt. Bei diesem Aufbau der Aktoreinheit hängt jedoch die Vorspannung des piezoelektrischen Aktors stark von den Fertigungstoleranzen des Gehäuses des Einspritzventils ab. Der Einbau der Aktoreinheit ist zudem aufwendig und erfordert einen hohen Wartungsaufwand, da bei jedem Ein- und Ausbau die Vorspannung auf den piezoelektrischen Aktor durch die Rohrfeder neu eingestellt werden muss. Darüber hinaus besteht bei den verwendeten Rohrfedern auch das Problem, dass zur Erreichung einer ausreichenden Elastizität der Längsbewegung des piezoelektrischen Aktors die Rohrfeder extrem dünnwandig ausgeführt werden muss, was deren Festigkeit und die Lebensdauer der Aktoreinheit beeinträchtigt.



Eine gattungsgemäße Rohrfeder zur Vorspannung eines piezoelektrischen Aktors eines Kraftstoffeinspritzventils ist zudem aus der DE 198 35 628 A1 bekannt. Diese Rohrfeder besteht aus einem dünnwandigen Hohlzylinder, in den eine Vielzahl von
5 knochenförmig ausgebildeten Ausnehmungen eingebracht sind. Diese Ausnehmungen bewirken eine gewünschte Längselastizität der Rohrfeder. Diese bekannte Rohrfeder erfordert eine relativ aufwendige Fertigung, da die Ausnehmungen in einem Stanzprozess eingebracht sind. Zudem muss ein ebenes Stahlblech,
10 nach dem Stanzvorgang in eine zylindrische Form gebracht und an seiner Stoßkante verschweißt werden.

Ein Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Vorspannelements für ein Aktorelement einer
15 Aktoreinheit zur Verfügung zu stellen, das eine hohe Elastizität aufweist.

Dieses Ziel der Erfindung wird mit dem Gegenstand des unabhängigen Patentansprüche erreicht. Merkmale vorteilhafter
20 Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Dem gemäß wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder in Form eines Hohlkörpers, insbesondere zur Vorspannung eines piezoelektrischen Aktorelements einer Akto-
25 reinheit eines Kraftstoffinjektors ein dünnwandiges Metallrohr mittels Strahlschneiden mit einer Vielzahl von regelmäßig angeordneten, länglichen Ausnehmungen versehen.

Durch die Ausnehmungen, die länglich ausgeformt sind, ist gewährleistet, dass der Hohlkörper auch bei den üblicherweise angelegten Vorspannungen auf den piezoelektrischen Aktor von
30 ca. 800 N bis 1000 N eine ausreichende Festigkeit zeigt und gleichzeitig genügend elastisch zum Ausführen der von dem
35 piezoelektrischen Aktor erzeugten Längsbewegungen ist. Mittels des Strahlschneidens ist es möglich, sehr schmale und kleine Ausnehmungen in den zylindrischen Hohlkörper einzu-

bringen, wie sie mittels eines Stanzvorgangs nicht in dieser Form eingebracht werden könnten. Es können somit auf gleicher Fläche wesentlich mehr Ausnehmungen untergebracht werden, was zu einer signifikanten Absenkung der Federrate der strahlgeschnittenen Variante der Rohrfeder führt. Dagegen sind typische Abmessungen von gestanzten Ausnehmungen aufgrund der erforderlichen Mindestabmessungen des Stanzstempels und der damit verbundenen Stanzzeit des Stanzwerkzeugs in relativ engen Grenzen vorgegeben. Somit ist bei gestanzten Ausnehmungen auch die Anzahl der Ausnehmungen je Flächeneinheit begrenzt, was zu einer relativ hohen Federrate führt.

Aufgrund der relativ geringen Federsteifigkeit der strahlgeschnittenen Rohrfeder geht ein nur sehr geringer Teil der vom Aktor ausgeführten Bewegungsenergie durch die Federsteifigkeit des Vorspannelements als Nutzhub verloren.

Der Hohlkörper kann vorzugsweise eine zylindrische Kontur aufweisen. Als Material für den Hohlkörper kommt insbesondere ein dünnwandiges, nahtlos gezogenes Stahlrohr in Frage.

Als Strahlschneidverfahren eignet sich bspw. Laserstrahlschneiden, Wasserstrahlschneiden oder Elektronenstrahlschneiden. Alle diese Strahlschneidverfahren lassen sich mit hoher Präzision durchführen und führen zu sehr exakten und maßhaltigen Werkstücken.

Eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass durch den Einsatz eines geeigneten Füllkörpers im Inneren des Hohlzylinders während des Strahlschneidens eine definierte Formgebung der Strahlaustrittskante erreicht und eine Beschädigung der Gegenseite verhindert wird.

Eine weitere bevorzugte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass eine Längserstreckungsrichtung jeder Ausnehmung jeweils im wesentlichen senkrecht zur Zylindermittelachse der Rohrfeder ausgerichtet ist. Auf diese Weise kann

der Rohrfeder in Richtung ihrer Längsachse eine gewünschte Federsteifigkeit aufgeprägt werden. Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Ausnehmungen in Reihen angeordnet, wobei die Ausnehmungen benachbarter Reihen jeweils gegeneinander seitlich versetzt angeordnet sind. Diese Gestaltung weist den Vorteil eines idealen Federungsverhaltens der Rohrfeder auf, da die abwechselnd aufeinandertreffende Stege und Ausnehmungen zu einer möglichen Eindrückung der Ausnehmungen führen können, wobei die dazwischenliegenden Stege jeweils ihre Form beibehalten können.

15 Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Variante beträgt ein minimaler Abstand zwischen benachbarter Ausnehmungen zweier Reihen das 0,3- bis 4-fache der Wandstärke des zylindrischen Hohlkörpers der Rohrfeder. Je nach gewählten Abmessungen der Ausnehmungen sowie der Wandstärke der Rohrfeder kann eine ideale Federkonstante gewählt werden.

20 Die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Rohrfeder bietet die Möglichkeit, zwischen einer relativ großen Anzahl von möglichen Werkstoffen auszuwählen, da bei gleichbleibender Feder-
rate eine Absenkung der Spannungen möglich ist. So können
beispielsweise Werkstoffe gewählt werden, die zwar eine nied-
25 rige Festigkeit aufweisen, die aber für später folgende
Schweißprozesse eine bestmögliche Werkstoffpaarung darstel-
len. Weiterhin können auch Werkstoffe gewählt werden, die op-
timal für den Strahlschneidvorgang bzw. den Laserschneidpro-
zess geeignet sind, d.h. solche mit einem relativ niedrigen
30 Schwefelgehalt von weniger als 0,25%.

Das für die Rohrfeder verwendete nahtlos gezogene Metallrohr weist vorzugsweise eine Stärke von weniger als 1,0 mm auf. Wahlweise kann die Stärke jedoch auch größer gewählt werden, um auf diese Weise auch bei einem verwendeten Stahl von geringerer Festigkeit zu einer gewünschten Federsteifigkeit zu gelangen.

rischen Hohlkörper als Rohrfeder kann mit sehr exakt gewählten Eigenschaften der Rohrfeder versehen werden. .

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen mit Bezug
5 auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1. eine Aktoreinheit in schematischer Querschnittdarstellung,

10 . Figur 2 eine Rohrfeder in schematischer Seitenansicht, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist.

Figur 3 eine Detailansicht einer ersten Ausführungsform der
15 Rohrfeder gemäß Figur 2 und

Figur 4 eine Detailansicht einer alternativen Ausführungsform der Rohrfeder.

20 Figur 1 zeigt eine Aktoreinheit 1, bestehend aus mehreren ge-
stapelten, piezoelektrischen Einzelelementen. Die piezoelekt-
rische Aktoreinheit 1 wird mittels Kontaktstiften 4 mit e-
lektrischer Spannung beaufschlagt. Die Kontaktstifte 4 sind
jeweils längs der Aktoreinheit 1 angeordnet und stehen mit
25 dem Aktorelement 2 in elektrisch leitender Verbindung. Durch
Anlegen einer Spannung zwischen den Kontaktstiften 4 wird ei-
ne Längsdehnung des piezoelektrischen Aktorelements 2 er-
zeugt, die beispielsweise zum Stellen eines Einspritzventils
einer Brennkraftmaschine eingesetzt werden kann. Das piezo-
elektrische Aktorelement 2 mit den Kontaktstiften 4 ist in
30 einem als Rohrfeder 12 ausgebildeten zylindrischen Hohlkörper
angeordnet.

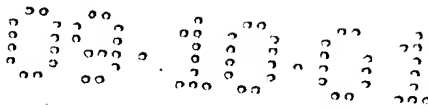
35 Das piezoelektrische Aktorelement 2 liegt mit seinen Stirnflächen jeweils an einer Abdeckplatte 6 bzw. Bodenplatte 8 an, wobei die obere Abdeckplatte 6 Durchführungen 10 aufweist, durch die sich die Kontaktstifte 4 erstrecken. Die Ab-

deckplatte 6 und die Bodenplatte 8 sind jeweils form- und/oder kraftschlüssig, vorzugsweise durch Anschweißen, mit der Rohrfeder 12 verbunden. Alternativ kann die Verbindung zwischen der Rohrfeder 12 und den beiden Platten 6, 8 auch mit Hilfe einer Bördelung erfolgen, wobei die umgebördelten oberen und unteren Randbereiche des Hohlkörpers jeweils in der Abdeck- 6 bzw. Bodenplatte 8 eingreifen. Das piezoelektrische Aktorelement 2 ist durch die beiden Platten 6, 8, die von der Rohrfeder 12 in Position gehalten werden, mit einer definierten Kraft von vorzugsweise 800 N bis 1000 N vorgespannt. Um diese Vorspannung aufrechterhalten zu können, wird der das piezoelektrische Aktorelement 2 aufnehmende Hohlkörper vorzugsweise aus Federstahl gefertigt, da Federstahl sich durch einen hohen Festigkeitskennwert auszeichnet. Alternativ können jedoch auch andere Materialien, beispielsweise Werkstoffe mit niedrigem Elastizitätsmodul, wie zum Beispiel Kupfer-Beryllium-Legierungen, eingesetzt werden.

Figur 2 zeigt die Rohrfeder 12 in Seitenansicht. Die Rohrfeder 12 ist ein zylindrischer Hohlkörper, der aus einem Metallrohr gefertigt ist. In eine Mantelfläche 18 der Rohrfeder 12 sind eine Vielzahl von Ausnehmungen 14 eingebracht, die mittels Laserschneiden hergestellt sind. Die länglichen Ausnehmungen sind jeweils im wesentlichen senkrecht zur Mittelachse 16 der Rohrfeder 12 orientiert. Die Ausnehmungen 14 sind jeweils in Reihen angeordnet, wobei die Ausnehmungen 14 benachbarter Reihen jeweils gegeneinander seitlich versetzt angeordnet sind. Der minimale Abstand zwischen benachbarter Ausnehmungen 14 zweier benachbarter Reihen kann das 0,3- bis 4-fache der Wandstärke der Rohrfeder betragen.

Als Metallrohr kommt insbesondere ein nahtlos gezogenes Stahlrohr, bspw. aus Federstahl, in Frage.

Figur 3 zeigt eine Detailansicht der mit Ausnehmungen 14 versehenen Mantelfläche 18 der Rohrfeder 12 gemäß Figur 2. Hierbei sind die Ausnehmungen 14 jeweils keulenartig ausgebildet,



so dass sie in einem mittleren Bereich jeweils eine Einschnürung aufweisen. Diese Gestaltung wirkt sich günstig auf die Materialbelastung aus und ermöglicht damit geringe Federsteifigkeiten der gesamten Rohrfeder 12:

5

Wahlweise können die Ausnehmungen 14 in Form von regelmäßigen Langlöchern bzw. schmalen Rechtecken ausgebildet sein, wie dies in Figur 4 beispielhaft dargestellt ist. Als Konturen für die Ausnehmungen 14 kommen annähernd beliebige Formen in Frage, welche zu einer geringeren Federrate in axialer Richtung der Rohrfeder führen. So können die Ausnehmungen bspw. auch als längliche Ausnehmungen mit halbrundförmigen Enden ausgestaltet sein.

10

15 Die Rohrfeder kann beispielsweise aus einem nahtlos gezogenen Stahlrohr mit einer Dicke von 1,0 mm oder weniger gefertigt sein. Ein Stahlrohr mit einer Dicke von mehr als 1,0 mm eignet sich insbesondere dann, wenn ein Stahl geringerer Festigkeit verwendet wird.

20

Um die Festigkeit der Rohrfeder nach dem Laserschneidvorgang weiter zu steigern, kann eine Wärmebehandlung durchgeführt werden. Alternativ zu den in Figur 2 gezeigten geradlinigen Stoßkanten der Rohrfeder 12 können beliebige andere Stoßkantenformen, beispielsweise in Form einer Sinuswelle oder einer Zickzacklinie ausgebildet sein, wobei zum Fixieren der Rohrfeder dann eine entsprechend geformte Schweißnaht bzw. eine Punktschweißung verwendet wird.

25

30 Statt einer Fixierung der Rohrfeder 12 durch Schweißen kann eine Fixierung auch durch die oberen und unteren Platten 6, 8 erfolgen, so dass die Stoßkanten nur aneinander anliegen. Hierdurch kann sich eine vorteilhafte Verteilung der Druck- und Federkräfte im Hohlkörper ergeben.

35

Eine Ausbildung der Aktoreinheit mit einem äußeren Hohlkörper, der vorzugsweise als Rohrfeder ausgebildet ist und in

- dem der piezoelektrische Aktor mittels form- und/oder kraftschlüssig mit dem Hohlkörper verbundenen oberen und unteren Abdeckungen vorgespannt ist, ermöglicht aufgrund seines kompakten Aufbaus einen einfachen Transport und einen leichten
- 5 Ein- und Ausbau, zum Beispiel in ein Einspritzventil einer Brennkraftmaschine.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Rohrfeder (12) in Form eines Hohlkörpers, insbesondere zur Vorspannung eines piezoelektrischen Aktorelements (2) einer Aktoreinheit (1) eines Kraftstoffinjektors, bei dem ein Rohr, insbesondere ein dünnwandiges nahtlos gezogenes Stahlrohr, mittels Strahlschneiden mit einer Vielzahl von regelmäßig angeordneten länglichen Ausnehmungen (14) versehen wird.
5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Strahlscheidverfahren insbesondere Laser-, Wasserstrahl oder Elektronenstrahlschneiden eingesetzt wird.
10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass während des Strahlschneidens ein Füllkörper innerhalb des Hohlkörpers eingefügt wird.
15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Längserstreckungsrichtung jeder Ausnehmung (14) jeweils im Wesentlichen senkrecht zur Zylindermittelachse (16) der Rohrfeder (12) ausgerichtet wird.
20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen (14) in Reihen angeordnet werden, wobei die Ausnehmungen (14) benachbarter Reihen jeweils gegeneinander seitlich versetzt angeordnet sind.
25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein minimaler Abstand zwischen benachbarten Ausnehmungen (14) zweier Reihen das 0,3- bis vierfache der Wandstärke
30

des zylindrischen Hohlkörpers der Rohrfeder (12) beträgt.

5 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das für die Rohrfeder (12) verwendete nahtlos gezogene Stahlrohr eine Stärke von weniger als 1,0 Millimetern aufweist.

10 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Werkstoff des für die Rohrfeder (12) verwendeten nahtlos gezogenen Stahlrohres ein Federstahl verwendet wird.

15 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrfeder (12) mit Ausnehmungen (14) versehen wird, die insbesondere hantelförmige Konturen mit eingeschnürtem Mittelbereich aufweisen.

20 10. Aktoreinheit (1) mit einem in einem dünnwandigen zylindrischen Hohlkörper angeordneten piezoelektrischen Aktorelement (2), wobei der Hohlkörper elastisch ausgebildet ist und das Aktorelement (2) vorspannt und wobei der Hohlkörper ein mit einer Vielzahl von länglichen Ausnehmungen (14) versehenes nahtlos gezogenes Stahlrohr ist.

25 30 11. Aktoreinheit nach Anspruch 10, bei dem der zylindrische Hohlkörper mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt ist.

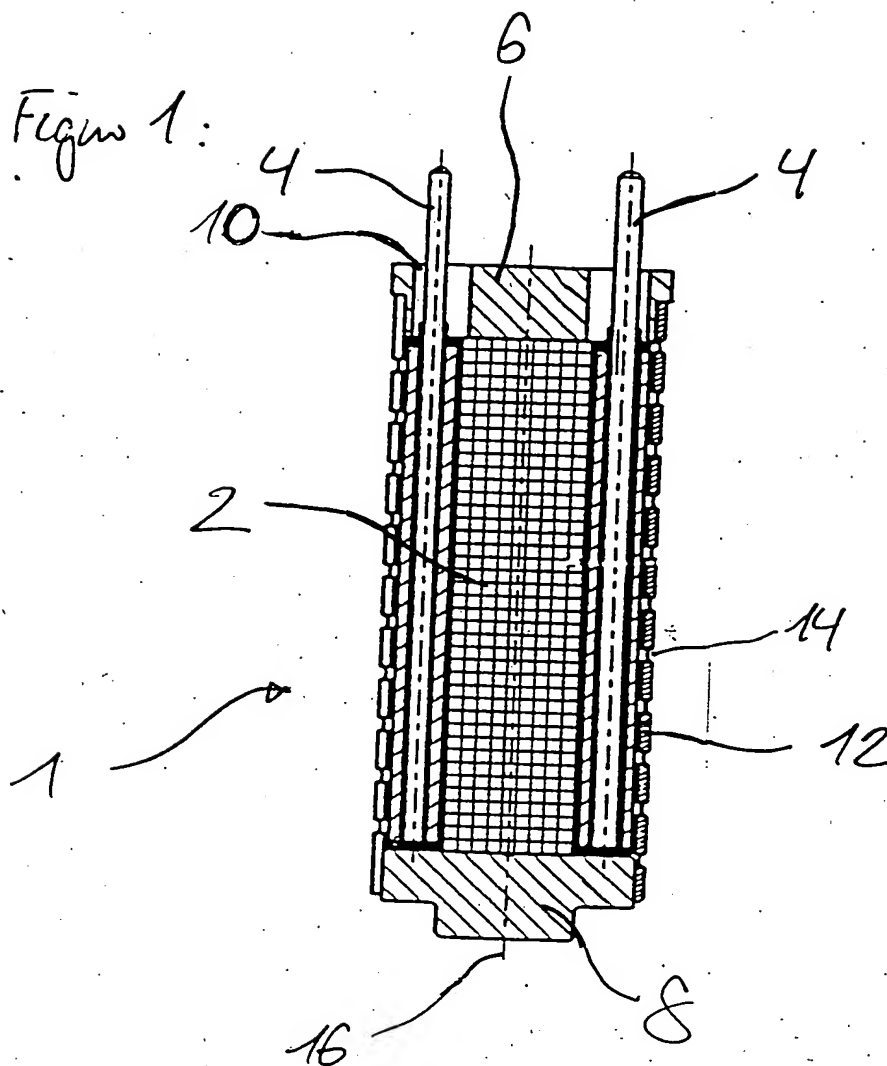


Figure 2:

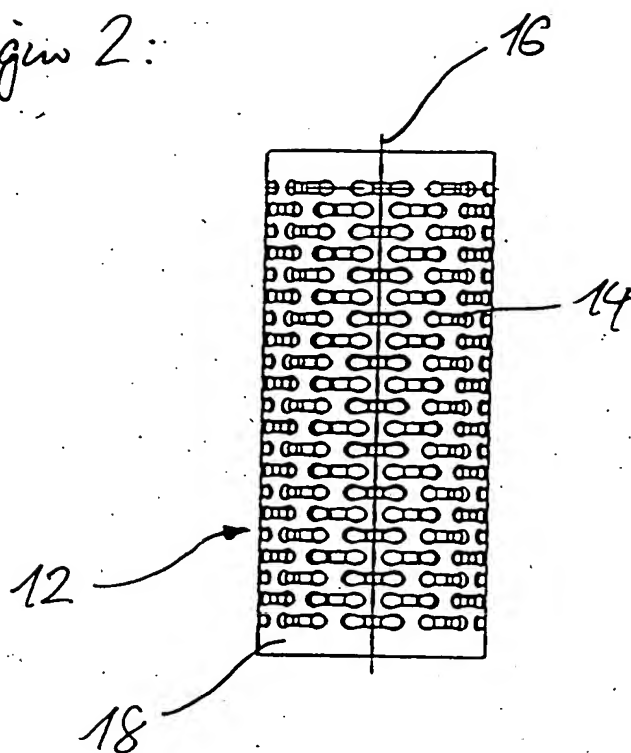
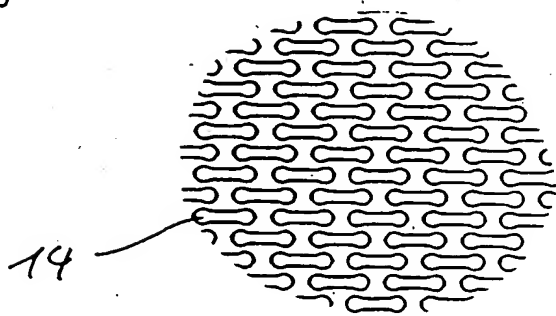


Figure 3:



Figw 4:

